

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 8 月 8 日 (08.08.2002)

PCT

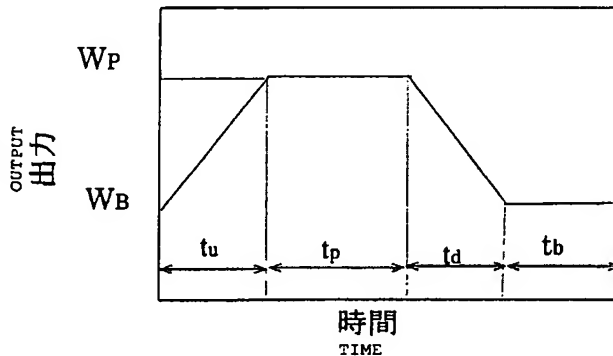
(10) 国際公開番号
WO 02/060634 A1

- (51) 国際特許分類: B23K 26/20 INDUSTRIES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目2番1号 新大手町ビル Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/07703
- (22) 国際出願日: 2001 年 9 月 5 日 (05.09.2001) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 塚本進 (TSUKAMOTO, Susumu) [JP/JP]. 川口 勲 (KAWAGUCHI, Isao) [JP/JP]. 荒金吾郎 (ARAKANE, Goro) [JP/JP]. 本田博史 (HONDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒305-0047 茨城県つくば市千現1丁目2番1号 独立行政法人 物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-025954 2001 年 2 月 1 日 (01.02.2001) JP
特願2001-077298 2001 年 3 月 16 日 (16.03.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人 物質・材料研究機構 (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) [JP/JP]; 〒305-0047 茨城県つくば市千現1丁目2番1号 Ibaraki (JP). 石川島播磨重工業株式会社 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY
- (74) 代理人: 弁理士 西澤利夫 (NISHIZAWA, Toshio); 〒150-0042 東京都渋谷区宇田川町37-10 麻仁ビル6階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CA, US.
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: LASER WELDING PROCESS

(54) 発明の名称: レーザ溶接方法



(57) Abstract: A laser welding process by which a high quality weld joint is fabricated by effectively preventing generation of defective welding and a material can be subjected to a wide range of machining including deep penetration welding technique using a laser. In key hole welding using a laser the output of which is pulse-modulated, the laser is periodically varied at a frequency matching the natural frequency of a molten metal pool.

(57) 要約:

レーザ溶接方法において、溶接欠陥の発生を効果的に防止し、高品質な溶接継手を提供すると共に、レーザによる深溶込み溶接技術を含む広範囲な材料加工も可能とする。

出力のパルス変調を行うレーザによるキーホール溶接において、金属溶融池の固有振動数と一致した周波数でレーザを周期的に変動させて溶接を行う。



2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

レーザ溶接方法

技術分野

この出願の発明は、レーザ加工機を用いたレーザ溶接方法に関し、レーザ溶接において、パルス出力に、波形を制御した出力の周期的な変動を付与することにより、溶融金属の周期的な流動を活発にし、これにより溶接欠陥の発生を効果的に防止することのできる、新しいレーザ溶接方法に関するものである。

背景技術

近年、レーザ発振器の大出力化が飛躍的に進み、深溶込み・高速溶接への適用が期待されている。

このような環境において、発明者は、かつ高強度高靱性の溶接構造物を構築することを目的として、大出力レーザによる小入熱深溶込み溶接の検討を行ってきた。

上記の目的を達成する上で最も大きな問題は、深溶込み深さの増加に伴いキーホールを安定的に維持することが困難となり、ポロシティ、ブローホール、割れなどの欠陥が発生しやすくなることであった。

その結果、これらの欠陥を防止するには、キーホール及びその周辺で起こる現象を適切に制御する必要があるとの知見を得た。

そして、これを実現する一つ的手段として、パルス波形及び、ピーク出力とベース出力の比が欠陥の抑制に与える影響についての検討から、レーザ出力に適切な周波数及び波形で変調を付与することにより、溶融金属の

流動制御を試み、溶接欠陥の発生を大幅に抑制することができることを見出した。

出力変動の波形制御を使用したパルス溶接法としては、YAGレーザにおいて、ブローホール、割れ、スパッタを防止しようとする例がある。しかし、出力変動の周波数は、溶融池の固有振動周波数を用いておらず、このため、溶融金属の周期的な流動を活発にするというのではなく、深溶け込み溶接時に欠陥を防止するには充分ではない。

また、亜鉛メッキ鋼板のポロシティをパルス振動によって防止しようとする例もある。しかし、この場合も、亜鉛の高い蒸気圧に起因して発生する欠陥の発生機構と全く異なるものであり、かつ対象とする材料並びに溶込み深さが特異なものであった。

そこで、この出願の発明は、発明者により得られた知見に基づいて、従来技術の問題点を解消し、溶融欠陥の発生を防止し、高品質な溶接継手を提供することができる、レーザによる深溶込み溶接技術を広範囲な材料加工に適応することも可能となる、新しいレーザ溶接方法を提供することを課題としている。

発明の課題

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第1には、出力のパルス変調を行うレーザによるキーホール溶接において、金属溶融池の固有振動数と一致した周波数でレーザ出力を周期的に変動させて溶接することを特徴とするレーザ溶接方法を提供する。

また、この出願の発明は、第2には、大出力のCO₂レーザによる深溶込み溶接を行うことを特徴とする上記のレーザ溶接方法も提供する。

そして、この出願の発明は、第3には、レーザを用いたキーホール溶接

において、溶融池の固有振動と一致した周波数で、かつ波形を制御したレーザー出力の変動を付与するレーザー溶接方法であって、レーザー出力の立ち上がり変動に勾配を与えることを特徴とするレーザー溶接方法を提供し、第4には、レーザー出力の降下変動に勾配を与えることを特徴とするレーザー溶接方法を提供し、第5には、レーザー出力の立ち上がり変動並びに降下変動のいずれにも勾配を与えることを特徴とするレーザー溶接方法を提供する。

さらにまた、この出願の発明は、第6には、上記いずれかの方法において、ベース出力(WB)とピーク出力(WP)との比(WB/ WP)を0.6以下とすることを特徴とするレーザー溶接方法も提供する。

以上のとおりの、この出願の発明によれば、レーザー加工機を用いたキーホール溶接において、溶融池の固有振動と一致した周波数で、かつ波形を制御したレーザー出力の変動を付与することにより、溶融金属の周期的な流動を活発にし、ポロシティー、ブローホール及び割れ等の溶接欠陥の発生を効果的に防止することができる。

図面の簡単な説明

図1は、キーホールレーザー溶接について説明した概要図である。

図2は、実施例で使用した出力波形を例示した図である。図中WPはピーク出力、WBはベース出力を示す。

図3は、溶融池の動きを説明する模式図である。

図4は、欠陥発生を防止するために使用した出力波形の一例を示す図である。

図5は、周波数とポロシティー発生率の関係を示し、共振周波数で最もポロシティー発生率が小さくなることを示している。

図中Prは欠陥発生率(溶接金属の面積に対する検出された欠陥面積の

総和の割合（％）を示す。

図 6 は、パルス出力の降下時間を 0 とする条件において、パルス出力の立ち上がり時間 t_u が欠陥発生率 P_r に及ぼす影響を示す図である。

図 7 は、パルス出力の立ち上がり時間 $t_u = 10 \text{ ms}$ 一定の条件において、降下時間 t_d が欠陥発生率 P_r に及ぼす影響を示す図である。

図 8 は、欠陥発生状況の X 線検査結果の比較図であり、(a) は通常の CW（連続）溶接における X 線検査結果を、(b) は実施例の適正条件における X 線検査結果を、それぞれ示す。

なお、図中の符号は次のものを示す。

t_u 立ち上がり時間

t_p ピーク出力時間

t_d 降下時間

t_b ベース出力時間

WP ピーク出力

WB ベース出力

P_r 欠陥発生率

発明を実施するための最良の形態

この出願の発明は、上記のとおりの特徴を有するものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

すなわち、まず、この出願の発明は、レーザを用いたキーホール溶接において、溶融池の固有振動と一致した周波数でレーザ出力を変動することにより、ポロシティ、ブローホール及び割れ等の溶接欠陥を効果的に防止することを特徴としている。

概略的に説明すると、たとえば、図 1 に示すように、レーザにより溶接

を行う場合、溶込みが深くなるに従って、キーホールが安定な形成が困難となり、これにともなってポロシティ（空孔）などの溶接欠陥が発生しやすくなる。このようなキーホール溶接において、図 2 に示したような出力のパルス変調を行ったレーザにより溶接を行うと、図 2 とともに図 3 にも例示したように、パルスが立ち上がる（図 2 t 1、図 3（a））時点で、激しいプラズマの発生を伴って大量の溶融金属がキーホール内部から噴出する（図 3（b））。噴出した溶融金属は、波動として溶接池表面を後端に向かって移動し（図 3（c））、ここで反射した後（図 3（d））再びキーホールへと戻る（図 3（e）（f））。そこで、この出願の発明においては、この溶融金属の移動について、出力の変動周波数を溶融池の往復運動の周波数すなわち溶融金属の固有振動周波数に一致させる。このようにすることで、溶融池の共振により溶融金属の流動を活発にすることができ、これにより上記溶接欠陥の発生を防止することができる。なお、出力の周期的な振動は、溶融金属の共振周波数で行えば、矩形パルス波形だけでなく他のあらゆる波形でも実現することができる。

以上のことから明らかなように、この出願の発明においては、「金属溶融池の固有振動数」は、溶融した金属の表面で発生する波の往復運動の周波数を意味している。従って、この発明では、出力のパルス変調を行ってのレーザ溶接において、パルスレーザ出力をこの往復運動の周波数に一致させて周期的に変動させることになる。

従来では、YAGレーザ溶接を中心にレーザの出力変動により、プロホール、割れ、スパッタ等の溶接欠陥を防止しようとする方法が知られているが、この出願の発明のように、金属溶融池の固有振動に着目し、これと一致した周波数の出力変動により欠陥を防止した例は全く知られていない。

また、亜鉛メッキ鋼板のポロシティをパルス発振によって防止した例も知られているが、亜鉛の高い蒸気圧に起因して発生する欠陥の発生機構はこの出願の発明で対象とした欠陥の機構と異なるものであり、したがって防止手法も本質的に相異している。

もちろん、この出願の発明においては、対象とする被溶接材と、溶接材料の種類に特段の限定はなく、レーザによるキーホール溶接についての基本技術としてこの出願の発明は重要である。また、レーザ発振装置についても同様に各種のものであってよい。出力をパルス変調可能としているものであればよい。

なかでも、この出願の発明は、大出力レーザとしてCO₂レーザを用いての高品質深溶込み溶接に好適に適用されることになる。

そして、実際の溶接操作においては、熔融金属表面の波の移動を高速度カメラ等で観察することによって、レーザ出力のパルス変調の周波数を熔融金属の固有振動周波数にその場で一致させてもよいし、あらかじめ一致させることが検証された周波数にレーザ出力のパルス周波数を設定するようにしてもよい。

次にこの出願の発明について、ピーク出力（WP）や焦点外し距離、シールドガス条件、溶接速度一定のもとで、パルス波形や、ベース出力（WB）等がポロシティの制御に及ぼす効果について、また、パルス立ち上がり時間（tu）、ピーク出力時間（tp）がポロシティの発生に及ぼす影響等についてまず説明する。

出力周波数とともに、図4に示すパルス立ち上がり時間（tu）、ピーク出力時間（tp）、パルス降下時間（td）、ベース出力時間（tb）、ピーク出力（WP）、ベース出力（WB）をそれぞれ以下のように制御することにより、欠陥を制御することができる。

(a) レーザ出力のパルス周波数については、溶融池の固有振動周波数に一致させる。この際のパルス波形の例が図 1 に例示される。パルス周波数の溶融池の固有振動周波数との一致により、溶融金属の周期的な流動を活発にすることができる。

(b) ベース出力 (W_B) とピーク出力 (W_P) の比 (W_B/W_P) については、この値をできる限り小さくすることにより、溶接池振動の振幅を大きくし、周期的な溶接金属の流動を活発にすることができる。

(c) パルス立ち上がり時間 (t_u) については、 W_B/W_P を小さくすると、急激な出力変動時に、スパッターが発生しやすくなる。

また、立ち上がりの勾配を小さくしすぎると周期的な流動が緩慢となるため、 t_u は、スパッターが発生しない程度に短くすることが必要である。

(d) パルス降下時間 (t_d) については、ベース出力 (W_B) からピーク出力 (W_P) への変化に伴い、キーホールサイズが急激に小さくなる。このため、キーホール内部への溶接金属の急激な流入に伴う欠陥の発生を防止するため、降下の勾配を付ける必要がある。パルス降下時間 (t_d) は、この欠陥を防止できる時間にすることが好ましい。

(e) ピーク出力時間 (t_p) については、 t_p が長すぎると、間欠的な噴出が t_p (ピーク出力時間) の間に発生し、出力変動により付与している周期的な流動を擾乱する。したがって、 t_p は間欠的な噴出が起こらない程度に短くすることが好ましい。

なお、通常の CW (連続) 溶接では、自然発生的にキーホールから間欠的にランダムな周波数で溶接金属の噴出が起こる。

(f) ベース出力時間 (t_b) については、出力の変動に対する溶融金属の応答は速くないため、 t_b が短すぎると、出力変動により付与している溶融金属の振動の振幅が小さくなる。このため、振幅に影響しない程度の

時間が必要である。

以上のとおりの諸点を踏まえてこの出願の発明は構成されているものである。そしてこの出願の発明における「勾配」については、ベース出力（WB）からピーク出力（WP）、あるいは逆にピーク出力（WP）からベース出力（WB）を直接的に、もしくはほぼ直線的に推移させた場合の時間に対する出力の変化の状態を示している。

そこで、以下に実施例を示し、さらに詳しく説明する。もちろん、以下の例は発明を限定するものではない。

実 施 例

<実施例 1>

パルス変調を行ったCO₂レーザを用いて、一般溶接構造用鋼SM490Cの部分溶込み溶接を行った。シールドガスにはHeを用い、流量50 L/minでサイドシールドを行った。

出力波形は、図2に示すような矩形波を用い、ピーク出力WPを20 kW、ベース出力WBを12 kWに設定した。また、デューティーは50%及び70%の2種類を選択し、種々の周波数のもとで、ビードオンプレート溶接を行った。溶接欠陥の検出は、溶接試験片の側面から、レーザビーム軸及び溶接線と直角方向に照射したX線検査により行った。溶接金属の面積に対する検出された欠陥面積の総和の割合（%）を欠陥発生率Prと定義し、Prにより欠陥の抑制効果を評価した。図5は、種々の周波数のもとでPrを測定した結果を示すが、デューティーが50%の時は16 Hz、70%の時は13 Hzの周波数でそれぞれ欠陥が最も効果的に抑制された。

このような条件のもとで、溶接中に溶融池表面の動きを高速度カメラで

観察した。その結果、図 3 に模式図に示すように、レーザ出力がベース出力 WB からピーク出力 WP へ立ち上がる時に発生する波が溶融池後端に向かって進み、後端で反射した後再びキーホールへ向かう現象が観察された。この波の往復運動すなわち固有振動の周波数 f は、溶融池の長さを L 、波の速度（溶接速度）を v としたとき、以下の式で示される。

$$f = v / 2 L \quad (1)$$

表 1 に、デューティが 50 % 及び 70 % の時に高速度撮影により求めた L 、 v 及び (1) 式から求めた f の値を示す。表 1 より、いずれのデューティにおいても、欠陥が効果的に抑制されるパルス変調周波数と溶融池の固有振動周波数が良く一致していることがわかる。したがって、溶融池の固有振動と共振した周波数でレーザ出力を周期的に変動させることにより、ポロシティー等の溶接欠陥が効果的に防止できることが実証された。

表 1

デューティ (%)	50	70
溶接速度 v (mm/s)	630	630
溶接池長さ L (mm)	19.6	23.8
固有振動周波数 f (Hz)	16	13

<実施例 2>

パルス変調を行った CO_2 レーザを用いて、一般溶接構造用鋼 SM490C の部分溶込み溶接を行った。シールドガスには He を用い、流量 50 L/min でサイドシールドを行った。

出力波形は、図 4 に示すような台形波形を用い、ピーク出力 WP を 20 kW、ベース出力 WB を 8 kW に設定し、立上がり時間 t_u 及び立下り時

間 t_d を変化させた。また、デューティは 50 % でビードオンプレート溶接を行った。このときの溶込み深さは約 2.0 mm である。

溶接欠陥の検出は、溶接試験片の側面から、レーザビーム軸及び溶接線直角方向に照射した X 線検査により行った。溶接金属の面積に対する検出された欠陥面積の総和の割合 (%) を欠陥発生率 P_r と定義し、 P_r により欠陥の抑制効果を評価した。

図 6 は、パルス降下時間 t_d を 0 秒 ($t_d = 0$ ms) とした条件下において、パルス立上がり時間 t_u が欠陥発生量へ及ぼす影響について示す。

パルス立上がり時間 t_u を小さくした領域の短時間の場合には、スパッタの発生率が著しく、これに伴って、アンダーフィルやポロシティ等の発生が顕著となった。

また、パルス立上がり時間 t_u が増加すると、上記のようなスパッタの発生が抑えられ、正常なビードの形成が可能となり、 $t_u = 1.0$ ms のときに最も欠陥が抑制されるものであった。このように、 t_u の増加が、効果的な欠陥抑制の要因の一つになっていることが判る。

しかし、 $t_u = 1.0$ ms を超えてさらに t_u を長くすると、溶融池に与える周期的な振動が緩やかになり、ポロシティが再び発生しやすくなるものであった。

なお、図中の P_r は欠陥発生率を表し、欠陥発生率は溶接金属の面積に対する検出された欠陥面積の総和の割合 (%) を示すものである。

前記実験例より、 $t_u = 1.0$ ms で欠陥が最も抑制されることが判ったため、次にパルス立上がり時間 $t_u = 1.0$ ms 一定とする条件の下で、降下時間 t_d を変化させた場合の欠陥発生率への影響について評価した。

図 7 は、その結果を示している。

図 7 において、降下時間 t_d を長くすることにより、 P_r が減少し、 t

$d = 20 \text{ ms}$ である場合に最も欠陥が抑制されることを示している。これは、WP から WB へ急激に出力が変化すると、キーホール周辺の熔融金属が急激にキーホール内に流入し、ポロシティが残存しやすくなるのに対し、これを緩やかに変化させることにより欠陥発生を防止できるためである。

降下時間 t_d の増加も、効果的な欠陥抑制の要因になっていることが判る。また、降下時間 t_d についても、上記立上がり時間 t_u と同様、最適値が存在し、降下時間 $t_d = 20 \text{ ms}$ のときで最も欠陥が抑制されている。

しかし、降下時間 t_d が 20 ms よりさらに長くなり過ぎると、再び、欠陥の抑制効果が低下する。これは、立下り時間 t_d の増加に伴ってベース出力時間 t_b が短くなり、キーホールが完全に小さくなる前にレーザ出力が立ち上がり、このときの熔融池に与える振動の振幅が小さくなるためである。

図 8 は、CW（連続）溶接の場合と、この出願の発明による最適条件下で、波形制御を用いたパルス溶接の場合における欠陥発生状況の X 線検査結果を、比較して示している。

CW（連続）溶接において、 18.3 kW の出力の溶接の場合で、欠陥発生率は、 $Pr = 1.5\%$ であった。一方、この出願の発明における実施例で得られた最適条件、すなわち、 $WB = 8 \text{ kW}$ 、 $WP = 20 \text{ kW}$ 、 $t_u = 10$ 、 $t_d = 20 \text{ ms}$ とした場合における欠陥発生は、 $Pr = 0.1\%$ であった。

これによって、この出願の発明は、最適条件下でのレーザ溶接方法による場合、欠陥発生率が、CW（連続）溶接と比較して $1/15$ に減少する結果が得られ、非常に効果的に欠陥の発生が抑制されるものであった。

上記実施例において、ベース出力とピーク出力の比 (WB/ WP) は 0.4 の場合に、効果的な欠陥発生抑制効果を得ることができるものであったが、(WB/ WP) は 0.6 の場合にも、同様の効果を得ることができた。

この場合、矩形が最も欠陥抑制に効果的であった。

産業上の利用可能性

この出願の発明によれば、レーザ加工機を用いたキーホール溶接において、溶融池の固有振動と一致した周波数で、かつ波形を制御したレーザ出力の変動を付与することにより、溶融金属の周期的な流動を活発にし、ポロシティ、ブローホール及び割れ等の溶接欠陥の発生を効果的に防止することができる。

また、この出願の発明によれば、特に深刻な問題である溶接欠陥の防止方法を必要とする厚板の溶接においても適用可能なものとして提供することができる。これにより、従来困難であった厚板の高品質レーザ溶接が可能となり、レーザ溶接の適用分野の拡大が期待される。

さらに、この出願の発明によれば、厚板の高エネルギー溶接が可能となり、生産ラインにおけるコスト低減が期待できる。

請求の範囲

1. 出力のパルス変調を行うレーザによるキーホール溶接において、金属溶融池の固有振動数と一致した周波数でレーザ出力を周期的に変動させて溶接することを特徴とするレーザ溶接方法。
2. CO_2 レーザにより溶接することを特徴とする請求項1のレーザ溶接方法。
3. レーザを用いるキーホール溶接において、レーザのパルス出力を、溶融池の固有振動と一致した周波数で周期的に変動させるとともに、レーザ出力の立ち上がり変動に勾配をつけることを特徴とするレーザ溶接方法。
4. レーザを用いるキーホール溶接において、レーザのパルス出力を、溶融池の固有振動と一致した周波数で周期的に変動させるとともに、レーザ出力の降下変動に勾配をつけることを特徴とするレーザ溶接方法。
5. レーザ出力の立ち上がり変動にも勾配をつけることを特徴とする請求項4のレーザ溶接方法。
6. ベース出力(WB)とピーク出力(WP)との比(WB/WP)を0.6以下とすることを特徴とする請求項3ないし5のいずれかのレーザ溶接方法。

図 1

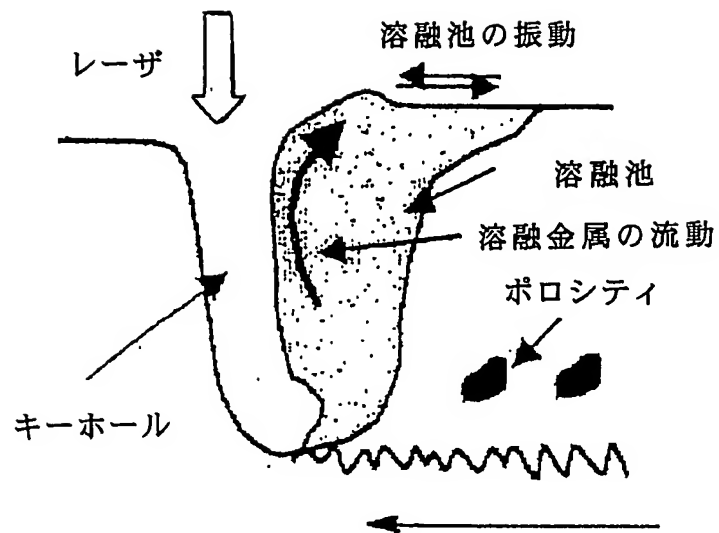


図 2

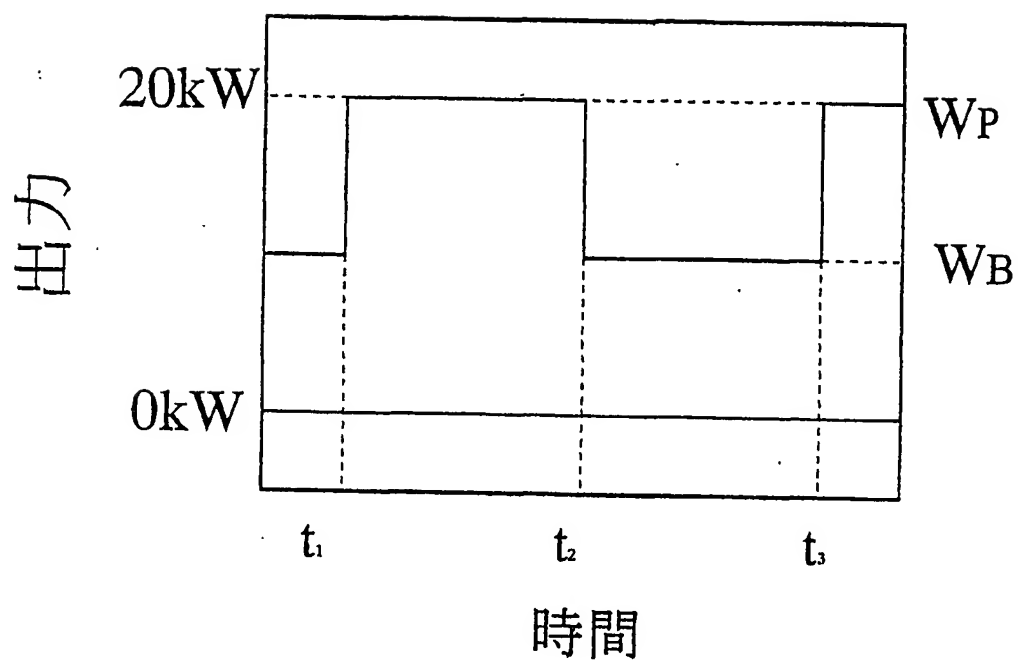


図 3

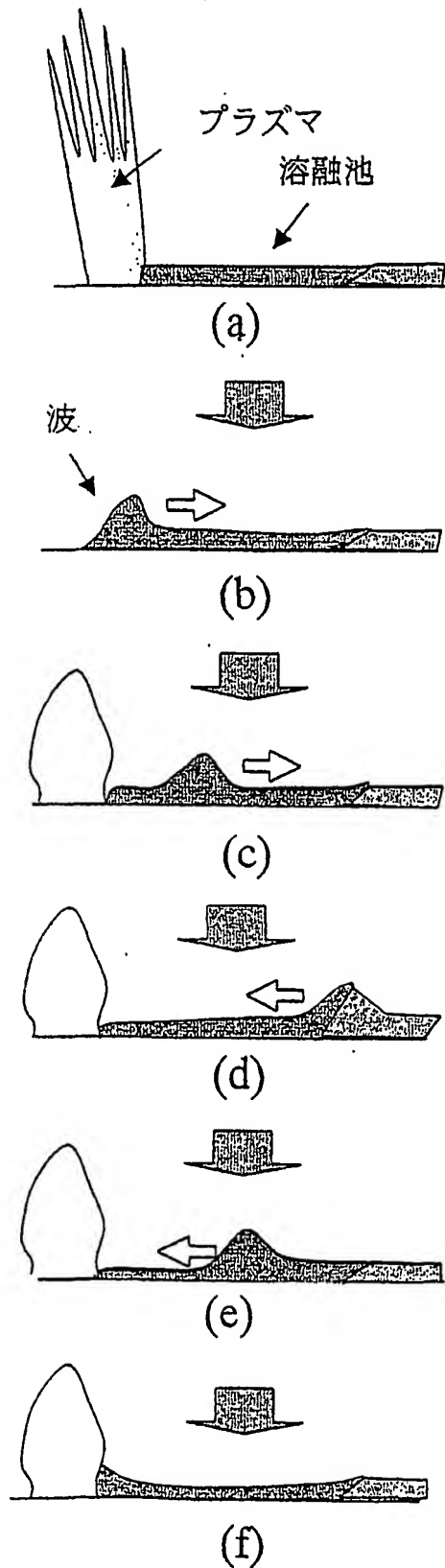


図 4

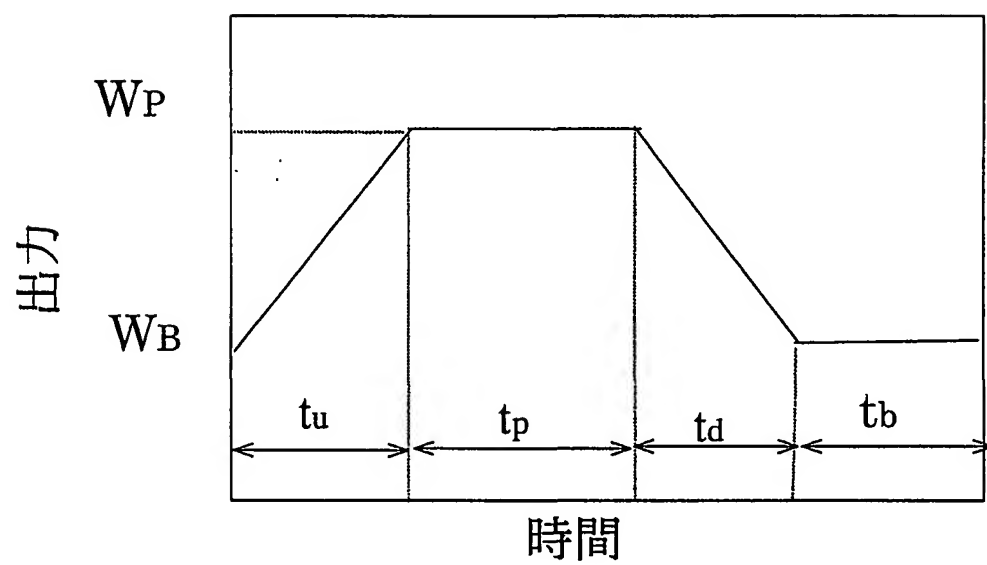


図 5

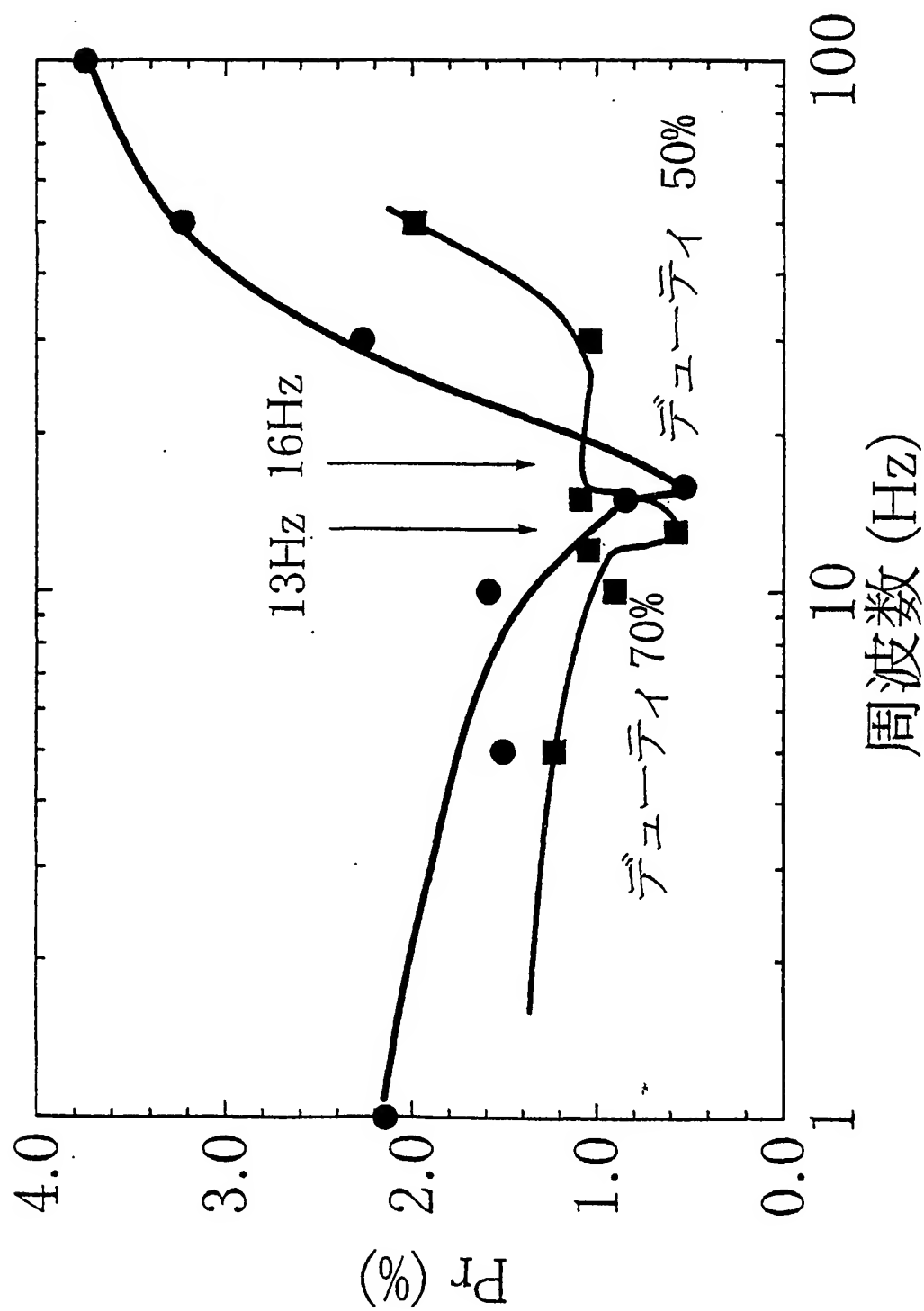


図 6

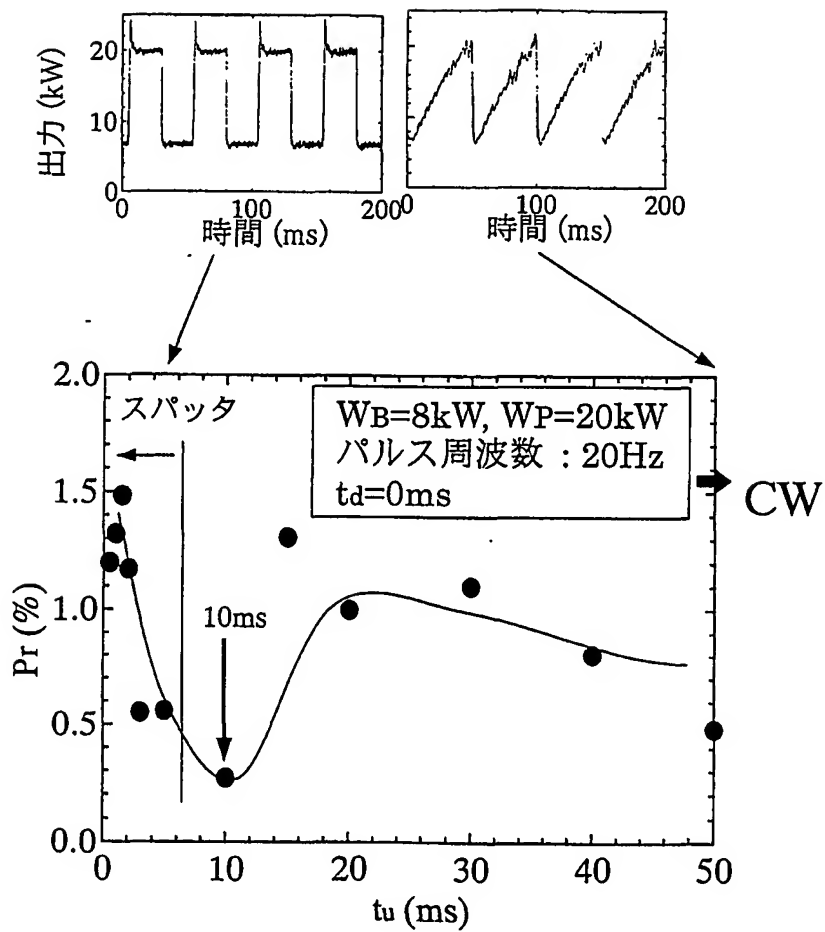


図 7

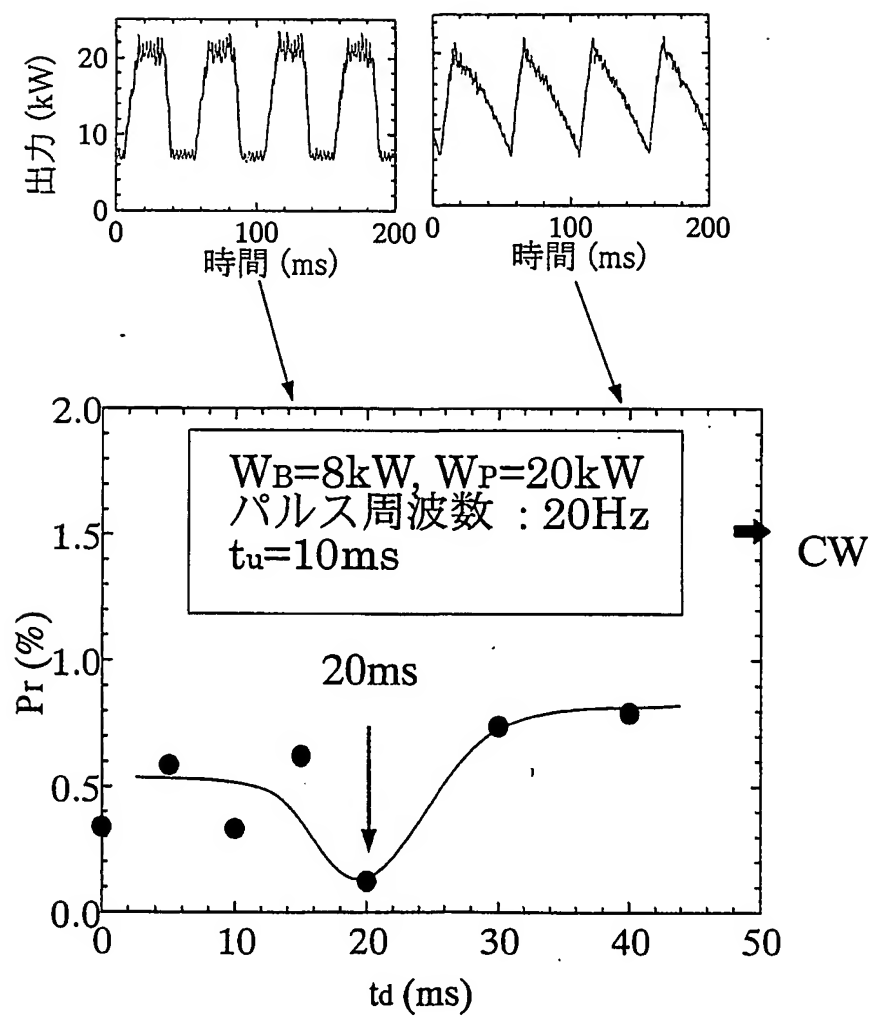
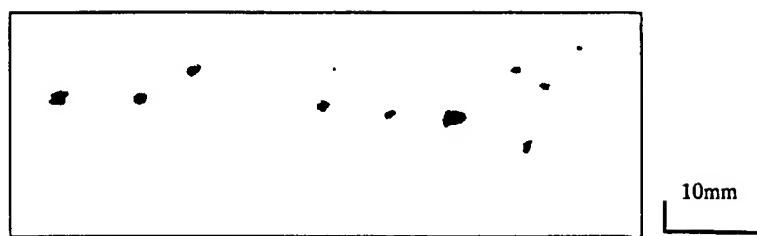
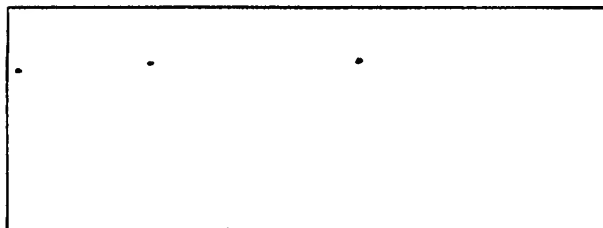


図 8



(a) CW 溶接



(b) 波形制御を用いたパルス溶接

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/07703

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ B23K26/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ B23K26/20Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-124772 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 16 May, 1995 (16.05.95), Claims; column 4, line 45 to column 5, line 33 (Family: none)	1-6
EA	EP 1075891 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 14 February, 2001 (14.02.01), page 2, lines 56 to 58; page 4, line 34 to page 5, line 15 & JP 2001-30089 A	1-6
A	Isao KAWAGUCHI, et. al., Shin-Tokekomi Yosetsubu de Hassei suru Porosity no Teigen; Dai-Shutsuryoku CO ₂ Laser Yousetsu Gensho ni kansuru Kenkyu (Dai 2 hou), Yousetsu Gakkai Zenkoku Taikai Kouen Gaiyou-Dai 66 shuu-, Zaidan Houjin Yousetsu Gakkai, 13 March, 2000 (13.03.00), pages 48 to 49; especially, page 48,	1-6
A	T. Klein et al., "Forced oscillations of the keyhole in penetration laser beam welding", Journal of Physics, D. Applied Physics, The Institute of Physics, (1996), (96), Vol.29, pages 322 to 332	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance"E" earlier document but published on or after the international filing
date"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 December, 2001 (03.12.01)Date of mailing of the international search report
11 December, 2001 (11.12.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 7-124772 A (住友金属工業株式会社) 16. 5月. 1995 (16. 05. 95), 特許請求の範囲, 第4欄第45行~第5欄 第33行 (ファミリーなし)	1-6
EA	EP 1075891 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.) 14. 2 月. 2001 (14. 02. 01), 第2頁第56~58行, 第4 頁第34行~第5頁第15行 & JP 2001-30089 A	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 12. 01

国際調査報告の発送日

11.12.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区般が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 昌人

3P

9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3362

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	川口 勲 外5名, 深溶込み溶接部で発生するポロシティの低減—大出力CO ₂ レーザ溶接現象に関する研究(第2報), 溶接学会全国大会講演概要—第66集—, 財団法人溶接学会, 13. 3月. 2000 (13. 03. 00), p. 48—49 (特に第48頁最終行)	1—6
A	T Klein et al, Forced oscillations of the keyhole in penetration laser beam welding, Journal of Physics. D. Applied Physics, The Institute of Physics, 1996 (96), Vol. 29, p. 322-332	1—6